

RESUMEN DE ENTREGABLE: E3.3: Guía de recomendación para la obtención y cuantificación de los fallos y planes de prevención/mitigación en las instalaciones energéticas.



Resumen ejecutivo

El documento desarrolla una guía metodológica para identificar, clasificar, cuantificar y gestionar fallos en instalaciones energéticas asociadas a microrredes y Comunidades Energéticas Locales (CEL) dentro del proyecto AGERAR PLUS.

Se enmarca en la Actividad A3, centrada en el diseño de sistemas de control resilientes, con integración de técnicas de control predictivo y gestión de incertidumbre.

La guía articula recomendaciones para:

- La obtención y clasificación de fallos.
- La cuantificación del riesgo asociado.
- La elaboración de planes de prevención y mitigación.
- El uso de árboles de decisión para vincular fallos con acciones.

1. Alcance y objetivos

El alcance cubre la fase de operación y mantenimiento de las instalaciones piloto, abordando fallos en:

- Componentes hardware: FV, baterías, inversores, sistemas H₂...
- Software y control.
- Comunicaciones.
- Factores ambientales u operacionales.

Los objetivos principales son:

- Identificar los modos de fallo más probables y críticos.
- Cuantificar el riesgo, combinando probabilidad y severidad.
- Desarrollar planes preventivos y de mitigación específicos para AGERAR PLUS.

2. Metodología para la identificación y cuantificación de fallos

2.1 Categorización de fallos

Se adopta una adaptación del FMEA (Análisis de Modos y Efectos de Fallo). Los fallos se clasifican en:

- Componentes (hardware): módulos FV, baterías, inversores, electrolizadores, supercondensadores...
- Software/control: errores en algoritmos, bugs, ciberataques.
- Comunicaciones: latencia, pérdida de conectividad, fallos de sensores.
- Operacionales/ambientales: errores humanos, meteorología extrema.

Cada categoría incluye fallos típicos, señales medibles y su impacto en la microrred.

2.2 Cuantificación de fallos

Se emplean métricas normalizadas:

- Probabilidad de fallo (PF): frecuencia relativa de ocurrencia.
- Tasa de fallo (Failure Rate): fallos por hora de operación.
- Impacto energético (IE): diferencia entre energía prevista y entregada.
- Impacto económico (IC): combinación de energía no suministrada y coste de reparación.
- Índice de severidad (IS): escala 1–5 desde insignificante hasta catastrófico.

A partir de estos parámetros se define la Prioridad del fallo:

$PRIOR(f) = PF(f) \times IS(f) \times (\text{factores adicionales según criterios})$

(El documento remite a la integración de múltiples criterios de impacto).

3. Fallos por tipo de componente

El documento describe exhaustivamente los fallos más relevantes en:

3.1 Fotovoltaica

Ejemplos: degradación, hot-spots, fallo de diodo by-pass, pérdida de MPPT, sobrecalentamiento, fallo de aislamiento, fallos en inversor, fallos de comunicaciones.

Incluye para cada caso:

- Señales detectables (curvas I–V, termografía, valores SCADA...).
- Impacto en energía disponible, estabilidad y seguridad.

3.2 Baterías

- Fallos típicos: degradación del SOH, sobrecalentamiento, desbalanceo, fallo del BMS, fallos en DC/DC, operación fuera de temperatura, emisiones peligrosas.
- Impactos: reducción de autonomía, ciclos ineficientes, riesgos térmicos.

3.3 Electrolizadores

Fallos: degradación de membrana PEM, inundación/secado, fallos térmicos, degradación de catalizadores, fugas de H₂, contaminaciones de gas, sobrepresión.

3.4 Pilas de Combustible

Incluye fallos como envenenamiento de catalizador, problemas de hidratación de membrana, fallos de flujo de gases, fallos térmicos, degradación progresiva.

3.5 Almacenamiento de Hidrógeno

Ejemplos: fugas, fallos de compresor, fragilización del tanque, fallos de válvulas, condensación, fallos de sensores, sobrepresión.

3.6 Supercondensadores

Fallos: degradación de electrodos, fuga o descomposición de electrolito, micro-cortocircuitos, operación fuera de temperatura, sobrecorrientes.

4. 5. Procedimiento para la elaboración de Planes de Prevención

Los planes de prevención buscan reducir PF y/o IS.

El procedimiento recomendado consta de 4 fases:

1. Priorización de fallos y definición del alcance

Se seleccionan los fallos críticos según FMEA y se delimita el alcance del plan.

2. Monitorización sistemática de señales clave

Señales eléctricas, térmicas, mecánicas, químicas y funcionales.

3. Estimación de vida útil y degradación

SOH en baterías, impedancias en electrolizadores/pilas, degradación térmica/mecánica.

4. Selección de acciones preventivas

Se listan 15 Acciones Preventivas (AP1–AP15), como:

- Mantenimiento predictivo (CBM).
- Umbrales dinámicos de operación.
- Recalibración de sensores.
- Ensayos funcionales programados.
- Balanceo de celdas en baterías.
- Gestión térmica preventiva.
- Auditorías de calidad de energía.
- Validación de comunicaciones, etc.

5. Procedimiento para la elaboración de Planes de Mitigación

Las acciones de mitigación actúan cuando el fallo ya está presente. Se agrupan en siete tipos:

- Reconfiguración operativa (aislamiento de ramas FV, bypass de inversores...).
- Uso del almacenamiento para sostener la operación.
- Modos degradados del MPC.
- Gestión flexible de la demanda.
- Acciones de seguridad (desconexiones, protecciones).
- Mitigación sensorial/SCADA (estimadores).
- Recuperación post-fallo.

El documento incluye 15 Acciones de Mitigación (AM1–AM15) que abarcan desde reconfiguración, aislamiento, control térmico de emergencia hasta cierre de válvulas de H₂, parada segura de electrolizadores/pilas y estrategias de fallback ante fallos de comunicación.

5.1 Árbol de decisión Fallo-Acciones

Se recomienda estructurar un árbol de decisión que vincule:

- Confirmación del fallo.
- Evaluación de criticidad.
- Activación de acciones preventivas (si el fallo es incipiente).
- Activación de acciones de mitigación (si el fallo afecta la operación).
- Modo seguro de operación.
- Recuperación y reconexión progresiva.

El documento incluye un ejemplo de diagrama que ilustra este flujo.

6. Conclusiones

El entregable establece un marco integral para gestionar fallos en sistemas energéticos avanzados, combinando: Identificación estructurada de fallos, Cuantificación del Riesgo, Acciones preventivas y de mitigación, Uso de árboles de decisión para operatividad real.

Este enfoque proporciona una base robusta para aumentar la resiliencia, seguridad y eficiencia en las instalaciones energéticas del proyecto AGERAR PLUS.



@AgerarPlus



Agerar Plus